

بررسی کیفیت لجن تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست محیطی جهت استفاده مجدد در سال ۱۳۸۰

حشمت ا... طاهرخانی (Ph.D.)**

مهدی فرزادکیا (Ph.D.)*

چکیده

سابقه و هدف : در حال حاضر عدم پایش کیفی لجن های خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب کشور در اغلب موارد موجب راه یابی آن ها به صورت خام به طبیعت و بروز مشکلات زیست- محیطی شده است. تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان در استان همدان در شمار تصفیه خانه هایی است که لجن های دفعی آن غالباً بدون هیچ کنترل بهداشتی به عنوان کود برای مصارف کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی این تحقیق، مطالعه کیفی لجن خروجی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست- محیطی استفاده مجدد از لجن می باشد. در این راستا مشکلات موجود تصفیه خانه و راه کارهای اصلاحی آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها : این تحقیق به مدت ۱۲ ماه در طول سال ۱۳۸۰ بر روی لجن های دفعی تصفیه خانه سرکان انجام شد. در این طرح شاخص های تثبیت نظیر pH، نسبت جامدات فرار به کل جامدات (VS/TS)، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR)، شناورسازی (Floatation)، رنگ و بوی لجن و خصوصیات زیست شناختی لجن شامل تعیین محتمل ترین تعداد کلی فرم (Coliform) و کلی فرم های مدفوعی (FC) و شمارش تعداد تخم انگل، ارزیابی و تجزیه و تحلیل شد.

یافته ها : میانگین سالانه پارامترهای (VS/TS) و SOUR در لجن های دفعی تصفیه خانه به ترتیب برابر ۰/۷۳ و ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h بود. لجن های خروجی غالباً به رنگ قهوه ای تیره با بوی تعفن و دارای pH خنثی بوده که در مدت کوتاهی شاور می شدند. میانگین تراکم کلی فرم مدفوعی در گرم جامدات خشک این لجن ها ۸/۹۷ × ۱۰^۷ و میانگین تعداد تخم انگل در چهار گرم جامدات خشک لجن های دفعی در چهار فصل سال، ۲۵۱ برآورد گردید.

استنتاج : لجن های دفعی از این تصفیه خانه، لجن هایی خام و تثبیت نشده هستند که کیفیت میکروبی آنها پایین تر از کلاس B مقررات میکروبی USEPA می باشد. بنابراین دفع و یا استفاده مجدد از این لجن ها در کشاورزی، به شدت، سلامت و بهداشت عمومی مردم را به خطر می اندازد. از این رو بایستی تثبیت این لجن ها قبل از دفع، مورد تاکید قرار گیرد.

واژه های کلیدی : تصفیه فاضلاب شهری، تثبیت لجن، دفع و استفاده مجدد لجن

✉ همدان : دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت

* استادیار گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی همدان

** دانشیار گروه انگل شناسی دانشگاه علوم پزشکی همدان

تاریخ تصویب: ۸۳/۱۰/۲۳

تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۸۳/۳/۲۷

تاریخ دریافت: ۸۲/۱۲/۲۴

E mail: mehdi_farzadkia @ yahoo. Com

مقدمه

مدیریت لجن در طرح‌های تصفیه فاضلاب به دو بخش تصفیه و دفع بهداشتی تفکیک می‌گردد. مجموعه اقدامات انجام شده در قالب این دو بخش، زمینه‌های کمینه‌سازی، پالایش، دفع و یا استفاده مجدد از لجن‌ها را فراهم می‌آورد. تصفیه و دفع بهداشتی لجن، همزمان با اجرای طرح‌های تصفیه فاضلاب در اغلب کشورهای پیشرفته نظیر آمریکا و اروپا مورد توجه قرار گرفته (۱)، حال آن که متأسفانه در اکثر تصفیه خانه‌های کشور ما به این بخش توجه کافی نشده است.

در حال حاضر فقدان مدیریت اصولی بر لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب در کشور موجب شده که در بیش‌تر موارد این لجن‌ها به صورت خام و تثبیت نشده به محیط راه یافته و خسارات زیادی را بر سلامت انسان و منابع محیط زیست وارد نمایند. آلودگی میکروبی و شیمیایی منابع آب، خاک و محصولات کشاورزی و شیوع بیماری‌های انگلی و مسمومیت‌های شیمیایی از عوارض دفع و یا استفاده غیربهداشتی از فاضلاب خام و یا لجن‌های آن می‌باشد.

مطالعات انجام شده توسط فرزاد کیا و همکاران در سال ۱۳۷۷ بر روی چهار تصفیه خانه فاضلاب در شهر تهران که به روش هوادهی گسترده لجن فعال کار می‌کردند، نشان داد که این لجن‌ها در اکثر موارد، خام و تثبیت نشده به محیط دفع می‌شوند (۲). نتایج تحقیقات دیگر در سال ۱۳۷۹ بر روی لجن‌های دفعی از تصفیه خانه‌های فاضلاب اصفهان توسط تکدستان و همکاران (۱۳۷۹) نیز نشان داد که هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه خانه شاهین شهر تنها قادر به تامین مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) هستند، در صورتی که هاضم‌های بی‌هوازی تصفیه‌خانه جنوب، هیچیک از معیارهای استفاده مجدد را تامین نمی‌نمایند (۳).

در این تحقیق وضعیت تثبیت و کیفیت لجن‌های دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. در حال حاضر تنها تصفیه خانه فاضلاب شهری استان همدان در شهر سرکان از توابع شهرستان تویسرکان قرار دارد. این تصفیه خانه در سال ۱۳۶۲ برای جمعیتی معادل ۱۰۰۰۰ نفر احداث شد، اما اکنون جمعیت ۴۵۰۰ نفری این شهر را پوشش می‌دهد. روش تصفیه فاضلاب در این تصفیه خانه، سیستم لجن فعال با هوادهی گسترده بوده (۴) که روش متداول برای تصفیه فاضلاب شهری در اجتماعات کوچک می‌باشد (۵).

شیوه طراحی این فرایند به گونه‌ای است که در صورت عملکرد بهینه از بازده مطلوبی برای تصفیه فاضلاب و لجن‌های تولیدی برخوردار است (۵). در زمان این مطالعه، تصفیه خانه مزبور بدون حضور یک گرداننده متخصص بهره‌برداری شده و فاقد نظارت‌های لازم جهت راهبری بهینه بود. از این رو حصول کیفیت بهداشتی برای پس‌آب و لجن‌های تولیدی در آن بسیار مورد تردید قرار داشت. بررسی اجمالی پس‌آب‌های خروجی از این تصفیه خانه توسط مهردادی و همکاران در سال ۱۳۷۸ نیز این موضوع را تایید می‌نمود (۳). در خصوص لجن‌های خروجی تصفیه خانه که عمدتاً به عنوان کود در اراضی کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تا کنون هیچ تحقیقی انجام نشده است. در صورتی که این لجن‌ها خام و تثبیت نشده باشند، دفع و یا استفاده مجدد از آن‌ها می‌تواند مشکلات بهداشتی زیادی را به دنبال داشته باشد (۶). بر این اساس، هدف از انجام این تحقیق بررسی وضعیت تثبیت و کیفیت میکروبی لجن‌های خروجی از این تصفیه خانه و مقایسه آن با استانداردهای زیست-محیطی استفاده مجدد از لجن می‌باشد. در طول این تحقیق مسایل و مشکلات موجود این تصفیه خانه و راه کارهای اصلاحی آن نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

مواد و روش ها

این تحقیق به مدت ۱۲ ماه از فروردین تا اسفند ماه ۱۳۸۰ بر روی لجن های دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان انجام شد. در این طرح، لجن از دسته لجن های زیست- شناختی (لجن فعال فرآیند هوادهی گسترده) بوده و نمونه برداری از آن به صورت لحظه ای و با فواصل ماهیانه و از حوض ته نشینی ثانویه انجام گرفت. جهت تعیین درجه تثبیت لجن پارامترهای کل جامدات (T.S)^۱، جامدات فرار (V.S)^۲، سرعت ویژه جذب اکسیژن (SOUR)^۳، pH، رنگ، بو و وضعیت فلوتاسیون یا شناورسازی لجن، مورد مطالعه قرار گرفته و با معیارهای سنجش درجه تثبیت، مقایسه شدند.

به منظور مطالعه کیفیت زیست شناختی لجن های دفعی، تعیین شاخص های میکروبی تراکم کلی فرم کل (TC)^۴ و کلی فرم های مدفوعی (FC)^۵ و نیز شمارش تخم انگل ها مشتمل بر آسکاریس، توکساکارا، تریکوسفال، اکسیور، هیمنولیس نانا، تنیا و ترماتودها مورد توجه قرار گرفت. چگونگی تحلیل شاخص های انتخابی در بررسی درجه تثبیت و کیفیت میکروبی لجن به ترتیب در مراجع (۸،۷) به تفصیل درج شده است.

کلیه آزمایش ها براساس رهنمودهای موجود در کتاب روش های استاندارد برای آزمایش های آب و فاضلاب (سال ۱۹۹۵، بخش آزمایش های اختصاصی لجن) و در آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده بهداشت انجام گردید (۹). جهت مقایسه شاخص های کمی لجن های دفعی با مقادیر مجاز آن در مراجع معتبر (۸،۷) از نرم افزار SPSS و آزمون آماری T-TEST استفاده شد.

یافته ها

مشاهدات عملی انجام شده در این تصفیه خانه بر روی نمونه های لجن دفعی نشان داد که لجن های تولیدی این تصفیه خانه در اکثر شرایط متعفن با رنگ قهوه ای تیره تا کاملاً سیاه بودند و لجن های دفعی به جز یک نمونه، در مدت کوتاهی دچار فلوتاسیون یا شناورسازی شدند. میانگین و انحراف معیار نتایج آنالیزهای انجام شده بر روی نمونه های لجن دفعی به صورت ماهیانه در قالب چهار فصل از سال ۸۰ در جداول شماره ۱ و ۲ آورده شده است. این نتایج نشان می دهد که میانگین سالانه نسبت VS/TS در لجن های خروجی تصفیه خانه ۰/۷۳ بوده که این مقدار اختلاف معنی داری با مقادیر مجاز در لجن های تثبیت شده (حداکثر ۰/۶) (۷) دارد ($P < 0/003$). میانگین سالانه SOUR در لجن های خروجی ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h بود که این میزان اختلاف معنی داری با مقادیر مجاز در لجن های تثبیت شده (۲ mgO₂/gr.vs.h) (۷) دارد ($P < 0/013$). pH نمونه های لجن عمدتاً حدود ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ سقوط می کرد. میانگین محتمل ترین تعداد کلی فرم مدفوعی در گرم جامدات خشک لجن های دفعی در چهار فصل سال ۸/۹۷×۱۰^۷ بود که این مقدار اختلاف فاحشی با مقرارت کلاس A داشته و نیز اختلاف معنی داری با مقادیر کلاس B مقررات USEPA (۸) دارد ($P < 0/0085$). میانگین محتمل ترین تعداد تخم انگل در ۴ گرم جامدات خشک لجن های دفعی در چهار فصل سال ۲۵۱ بود که این مقدار اختلاف معنی داری با مقرارت کلاس A، USEPA (۸) دارد ($P < 0/0001$).

1. Total Solids
2. Volatile Solids
3. Specific Oxygen Uptake Ratio
4. Total Coliform
5. Fecal Coliform

جدول شماره ۱: نتایج آزمایش‌ها بر روی لجن دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان در فصول بهار و تابستان ۱۳۸۰

ردیف	شرح	واحد	بهار		تابستان	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	TS	%	۰/۹۱	۰/۰۳	۱/۱۱	۰/۱۱
۲	VS/TS	—	۰/۷۳	۰/۰۳	۰/۷۵	۰/۰۴
۳	SOUR	mgO ₂ /gr.vs.h	۳/۰۵	۰/۱۴	۳/۳۷	۰/۳۶
۴	pH	—	۷/۱۳	۰/۱۰	۷/۲۶	۰/۱۵
۵	TC	MPN/gr.ds	۲/۸۳×۱۰ ^{-۴}	۱/۵۹×۱۰ ^{-۴}	۴/۰۷×۱۰ ^{-۴}	۳/۷۶×۱۰ ^{-۴}
۶	FC	MPN/gr.ds	۴/۶۷×۱۰ ^{-۴}	۲/۳۷×۱۰ ^{-۲}	۴×۱۰ ^{-۲}	۳/۱۷×۱۰ ^{-۲}
۷	تخم انگل	OVA/4gr.ds	۲۵۱	۶۶/۷۳	۴۱۱	۱۵۴/۲۳

جدول شماره ۲: نتایج آزمایش‌ها بر روی لجن دفعی از تصفیه خانه فاضلاب سرکان در فصول پاییز و زمستان ۱۳۸۰

ردیف	شرح	واحد	پاییز		زمستان	
			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
۱	TS	%	۱/۰۶	۰/۴۵	۰/۶۵	۰/۱۴
۲	VS/TS	—	۰/۷۵	۰/۰۳	۰/۶۹	۰/۰۳۶
۳	SOUR	mgO ₂ /gr.vs.h	۳/۷۳	۰/۱۷	۳/۳۴	۰/۳۹
۴	pH	—	۷/۶۰	۰/۴۱	۷/۰۶	۰/۱۱
۵	TC	MPN/gr.ds	۱/۸۷×۱۰ ^{-۴}	۳/۴۸×۱۰ ^{-۴}	۹/۳×۱۰ ^{-۴}	۹/۳×۱۰ ^{-۴}
۶	FC	MPN/gr.ds	۵/۱۲×۱۰ ^{-۲}	۶/۵۶×۱۰ ^{-۲}	۲/۰۱×۱۰ ^{-۴}	۳/۰۲×۱۰ ^{-۴}
۷	تخم انگل	OVA/4gr.ds	۲۳۲	۱۵/۱۸	۱۱۲	۵۲/۶۲

بحث

الف - بررسی وضعیت تثبیت لجن‌های دفعی

- نسبت VS/TS : نسبت VS/TS از حدود ۰/۷۵

برای لجن‌های خام تا حدود ۰/۶۰ برای لجن‌های تثبیت شده تغییر می‌کند (۷). مقایسه میانگین سالانه نسبت VS/TS در لجن‌های خروجی تصفیه‌خانه (۰/۷۳) موید عدم تثبیت لجن در این تصفیه‌خانه می‌باشد.

- میزان SOUR : میانگین SOUR در لجن‌های تثبیت شده هوازی حدود ۲ mgO₂/gr.vs.h می‌باشد (۷)، وجود میانگین SOUR برابر ۳/۳۷ mgO₂/gr.vs.h بیانگر عدم تثبیت لجن در شرایط هوازی می‌باشد.

- تغییرات pH : وجود و یا رسیدن pH به زیر ۷ نشانگر عدم تثبیت لجن می‌باشد (۷، ۱۰). pH نمونه‌های لجن عمدتاً حدود ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ سقوط می‌کرد.

جمع‌بندی نتایج آنالیزهای کمی انجام شده و مقایسه آنها با حدود مجاز در لجن‌های تثبیت شده حاکی از آن است که، لجن‌های دفعی این تصفیه‌خانه در شرایط کاری فعلی تثبیت نشده هستند. این نتیجه به وسیله مشاهدات کیفی نیز به صورت زیر مورد تایید قرار گرفت:

- رنگ و بو : لجن‌های تثبیت شده به روش هوازی دارای رنگ قهوه‌ای روشن و بدون بوی تعفن هستند (۱۰). لجن‌های تولیدی این تصفیه‌خانه در اکثر شرایط متعفن با رنگ قهوه‌ای تیره تا کاملاً سیاه بودند این ویژگی‌ها کاملاً با خصوصیات لجن‌های تثبیت شده هوازی در تناقض است.

- فلوتاسیون : بروز این پدیده یکی از علل اصلی انجام فرآیند دنیتریفیکاسیون است که با مصرف نیترا

و تبدیل آن به نیتريت و در نهايت گاز ازت همراه می باشد. اين پديده که در شرايط انوکسيک ظهور می کند نشان دهنده وجود ترکيبات آلی اکسيد نشده در لجن و عدم تثبيت آن در شرايط کاری تصفيه خانه می باشد (۱۱،۷). لجن های مورد آزمایش به جز یک نمونه در مدت کوتاهی دچار فلوتاسيون یا شناورسازی شدند. نتايج تحقيقات تکدستان و همکاران در سال ۱۳۷۹ نیز نشان داد که لجن های دفعی از تصفيه خانه های فاضلاب جنوب اصفهان همانند تصفيه خانه مورد مطالعه خام و تثبيت نشده هستند، اما لجن های خروجی از تصفيه خانه شاهين شهر از شرايط بهتری برخوردار هستند (۳).

ب- ارزیابی قابلیت دفع و استفاده مجدد لجن های دفعی در حال حاضر هیچگونه استاندارد و مقرارت خاصی از طرف سازمان حفاظت محیط زیست کشور برای دفع و استفاده مجدد از لجن های خروجی از تصفيه خانه های فاضلاب ارائه نشده است (۱۲). از این رو جهت بررسی قابلیت دفع و استفاده مجدد از این لجن ها بایستی استانداردهای معتبر سایر کشورها نظیر استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا USEPA را مورد توجه قرار داد (۱۳،۱۴).

این سازمان، لجن های فاضلاب را براساس شاخص های میکروبی آنها نظیر تراکم کلی فرم مدفوعی، ویروس ها و تخم انگل ها به دو کلاس A و B تقسیم کرده و استفاده مجدد از هر یک از این کلاس ها را برای مصارف خاصی مجاز می داند.

- در مقررات کاهش پاتوژن در کلاس A کنترل و تقلیل کلی فرم مدفوعی، سالمونلا، تخم انگل و ویروس ها تا حدود مجاز ضروری است. در این کلاس تراکم کلی فرم مدفوعی کم تر از 1000 MPN/g.ds ، تراکم سالمونلا کم تر از 3 MPN/4g.ds ، تراکم ویروس های روده ای 1 PFU/4g.ds و تراکم تخم انگل کم تر از 1 OVA/4g.ds تعیین شده است. لجن فاضلاب در این

کلاس هیچ محدودیتی جهت استفاده مجدد و یا محل دفع ندارد.

- مقررات کاهش پاتوژن در کلاس B تنها به شاخص تراکم کلی فرم مدفوعی کم تر از $2 \times 10^6 \text{ MPN/g.ds}$ محدود می گردد و این لجن ها تنها برای احیا اراضی نامرغوب و یا کاربرد در جنگل ها مناسب هستند (۱۳).

- نتايج به دست آمده از آزمایش های کلی فرم مدفوعی و شمارش تخم انگل ها بر روی نمونه های لجن در چهار فصل نشان داد که میانگین محتمل ترین تعداد کلی فرم مدفوعی در ۴ گرم جامدات خشک لجن های خام $8/97 \times 10^7$ و میانگین محتمل ترین تعداد تخم انگل در چهار گرم جامدات خشک لجن های خام ۲۵۱ بود. این مقادیر اختلاف فاحشی با مقررات کلاس A داشته و نیز اختلاف معنی داری با مقادیر کلاس B مقررات USEPA دارد. از این رو دفع یا استفاده مجدد از این لجن ها به هر شکل مغایر با اصول حفاظت محیط زیست بوده و مخاطرات بهداشتی زیادی را در پی دارد.

نتايج تحقيقات فرزادکیا و همکاران در سال ۱۳۷۷ بر روی تعدادی از تصفيه خانه های فاضلاب شهر تهران نیز نشان داد که تصفيه خانه های شوش و صاحبقرانیه همانند تصفيه خانه سرکان قادر به تامین استانداردهای زیست- محیطی استفاده مجدد از لجن نیستند، اما تصفيه خانه های قیطره و اکباتان توانستند استاندارد کلاس B مقررات USEPA را تامین کنند (۲).

ج- مسایل و مشکلات موجود در تصفيه خانه

- عدم وجود کارکنان متخصص و برنامه بهره برداری و نگهداری مطلوب از واحدهای تصفيه خانه
- راهبری نامطلوب واحدهای تصفيه خانه، نظیر خاموش کردن هواده ها و یا از مدار خارج کردن بعضی از واحدها

- فرسودگی و از کار افتادگی برخی از تاسیسات و تجهیزات نظیر پمپ ها و هواده ها

- جهت استفاده مجدد از لجن در زمینه‌های کشاورزی، توجه به مقررات کاهش پاتوژن از ضروریات است. لذا مسئولین تصفیه‌خانه‌ها باید در جهت شناخت و اجرای دقیق این استانداردها و معیارها نهایت سعی خود را مبذول دارند (۶).

سپاسگزاری

از همکاری بی‌دریغ جناب آقای دکتر حسین محبوب دانشیار محترم گروه آمارحیاتی و سرکار خانم فراس حبیبی کارشناس محترم گروه‌انگل‌شناسی دانشگاه علوم پزشکی همدان در انجام این تحقیق، صمیمانه تشکر می‌شود.

- عدم وجود بسترهای لجن خشک کن به تعداد کافی

- عدم انجام آزمایش‌های معمول جهت شناسایی کیفیت پس‌آب و لجن‌های خروجی از تصفیه‌خانه

د- ارائه راه کارهای اصلاحی.

- عدم کاربرد این لجن‌ها به عنوان کود در اراضی کشاورزی به خصوص در مزارع سبزی کاری

- تا رسیدن به شرایط مطلوب در این تصفیه‌خانه، می‌توان استفاده از فرآورده‌های ساده و ارزان تثبیت لجن نظیر روش آهک‌زنی را مورد مطالعه قرار داد (۱۵).

- ایجاد شرایط مناسب جهت راهبری بهینه واحدهای مختلف تصفیه فاضلاب

فهرست منابع

1. Lue-Hing C, Zenz DR, Tata P. *Municipal Sewage Sludge Management a Reference Text on Processing, Utilization and Disposal*. Lancaster: Technomic Publishing Company; 1998.
2. فرزاد کیا مهدی. بررسی وضعیت تثبیت و قابلیت استفاده مجدد لجن در چهار تصفیه خانه کوچک فاضلاب شهر تهران. *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان*، ۱۳۸۱: شماره ۲: صفحات ۵۵-۶۲.
3. نکدستان افشین، موحیدیان عطار حسین، بینا بیژن. بررسی شاخص‌های بهداشتی لجن هضم شده تصفیه خانه‌های فاضلاب اصفهان و مقایسه آنها با استانداردهای زیست-محیطی برای استفاده مجدد. *مجله آب و فاضلاب*، ۱۳۷۹: شماره ۳۶: صفحات ۲۵-۱۸.
4. مهربادی ناصر، قارداشی علی. بررسی عملکرد تصفیه تصفیه خانه فاضلاب شهر سرکان. *مجله آب و فاضلاب*، ۱۳۷۹: شماره ۳۴: صفحات ۴۳-۴۷.
5. Crites R. Tchobanoglous G. *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. New York: McGraw Hill; 1998.
6. Wegner G. The Benefits of Biosolids from a Farmers Perspective. Proceedings, The Future Direction of Municipal Sludge Management. *WEF Specialty Conference Portland*: 1992; pp. 39-44.
7. Bruce AM. Sewage Sludge Stabilization and Disinfection. hichester: *Water Research Center/Ellis Horwood Limited*; 1984.
8. U.S. Environmental Protection Agency. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage sludge. *EPA 625/R-92-013*; Revised October 1999.
9. APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th ed. Washington DC: APHA NW; 1995.

10. Metcalf and Eddy. *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal, Reuse*, 3rd ed. New York: McGraw-Hill; 2003.
11. Nelson KL, Cisneros BJ, Tchobanoglous G, Darby JL. Sludge accumulation, characteristics and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. *Water Research*. 2004; 38(1): 111-127.
۱۲. فرزادکیا مهدی. معیارهای بهداشتی استفاده مجدد از لجن فاضلاب شهری در زمین. *مجله آب و محیط زیست*، ۱۳۷۸: شماره ۳۴: صفحات ۳۳-۳۸.
13. U.S. Environmental Protection Agency. Process Design Manual-Land Application of Sewage Sludge and Domestic Septage. *EPA/625/R-95/001*; 1995.
14. U.S. Environmental Protection Agency. 40 CFR Part 257. Standards for the use and disposal of sewage sludge; final rules. *Federal Reg* 1993; 58(32): 9248.
15. U.S. Environmental Protection Agency. Biosolids Technology. Fact sheet: Alkaline Stabilization of Biosolids. *EPA/832-F-00-052*; 2000.